

Helsinki 12.12.2001

14

Priority
6-207

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N T



Hakija Applicant	Nokia Telecommunications Oy Helsinki
Patentihakemus nro Patent application no	991135
Tekemispäivä Filing date	18.05.1999
Kansainvälinen luokka International class	H02M
Keksinnön nimitys Title of invention	"Integroitu tasavirtamuunnin"

Hakijan nimi on hakemusdiaariin **05.12.1999** tehdyn nimenmuutoksen jälkeen **Nokia Networks Oy**.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on **05.12.1999** with the name changed into **Nokia Networks Oy**.

Hakemus on hakemusdiaariin **12.12.2001** tehdyn merkinnän mukaan siirtynyt **Nokia Corporation** nimiselle yhtiölle.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on **12.12.2001** been assigned to **Nokia Corporation**.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Markkula Tehkos

Markkula Tehkos
Apulaistarkastaja

Maksu 300 mk (50 € 1.1.2002 lähtien)
Fee 300 FIM (50 EUR from 1 January 2002)

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

1

11

INTEGROITU TASAVIRTAMUUNNIN

Keksintö kohdistuu tasavirtamuuntimiin. Eri-tyisesti keksinnön kohteena on hakkurityyppinen tasa-virtamuunniin, hakkurityyppinen regulaattori ja mene-telmat näiden muodostamiseksi.

KEKSINNÖN TAUSTA

Nykyisissä teholähteissä pyritään mahdollisimman pieneen kokoon ja vastaavasti mahdollisimman suureen tehotiheyteen eli pyritään maksimoimaan virtalähteen tehon ja tilavuuden suhdetta. Teholähteiden koon pienentämiselle on esteenä komponenttien fyysinen koko ja lämpeneminen. Elektroniikan komponenttien, etenkin puolijohteiden fyysinen koko pienenee jatkuvasti. Teholähteen suurimmat komponentit ovat magneettisia komponentteja, kuten muuntajat ja suodatuskelat. Magneettikomponenttien koko voidaan pienentää tiettyyn rajaan asti puolijohteiden kytkentääjuutta kasvattamalla. Taajuuden kasvattamista rajoittavat häviöt magneettikomponentin sydänmateriaalissa ja puolijohteissa sekä teholähteiden lämpeneminen. Mikäli teholähteen koko pienennetään häviötehon pysyessä samana, pienenee tavallisesti myös lämpöä ympäristöön luovuttava pinta-ala aiheuttaen teholähteen lämpötilan noušun. Tällöin myös muut komponentit kärsivät lämpenemisestä, kun teholähde on sijoitettu lähelle muuta elektroniikkaa.

Kytkentääjuutta nostamalla voidaan magneettikomponenttien tilavuutta pienentää, mutta korkeasta taajuudesta aiheutuu lisää häviötä. Taajuutta ei kannata nostaa muutamaa sataa kilohertsia korkeammalle. Tilan säästöä on saavutettu myös korvaamalla perinteiset langalla käännyt, korkeat magneettikomponentit matalilla planarisilla rakenteilla.

Magneettikomponenttien pienentämisen mahdollistava kytkentääjuuden nostaminen nykyiseltä tasol-

ta ei ole kokonaisuuden kannalta kannattavaa. Käämi-tyksissä esiintyvät parasiittisten elementtien vaiku-
tukset kasvavat, kuten esimerkiksi sydänmateriaalin
hystereesistä aiheutuvat häviöt ja kytkentähäviöt.
5 Magneettisen hystereesin tekemää työtä ei voi palaut-
taa takaisin sähköiseksi energiaksi, vaan se muuttuu
sydänmateriaalissa häviöiksi, jotka puolestaan nostaa-
vat sydänmateriaalin lämpötilaa.

Hystereesihäviöt kasvavat taajuuden ja mag-
neettivuon vaihtokomponentin kasvaessa. Hystereesihä-
viöt ovat olennainen osa magneettikomponentissa, kuten
muuntajassa tai kelassa tapahtuvasta kokonaistehohävi-
östä. Kelarakenteet saturoituvat tietyn kuormavirran
yläpuolella. Magneettikomponenttien koon pienentämi-
15 sellä saavutettu etu ei vastaa lisääntyneistä tehohä-
viöistä aiheutuvia lisäkustannuksia.

Eräs menetelmä magneettikomponenttien koon
pienentämiseksi on usean magneettikomponentin integ-
roiminen samalle magneettisydämelle. Julkaisussa US
20 5555494 on esitetty rakenne, jossa useita magneetti-
komponentteja on integroitu samalle magneettisydämelle.
Rakenteessa on käytetty hyväksi E-tyyppin magneet-
tisydäntä, jossa kummallakin sivutolpalla on ilmaväli
ja keskitolppa on yhtenäinen. Magneettisydämen ympä-
25 rille on integroitu muuntajan käämitys ja muuntimen
lähtöjännitteen suodatuksen käytettävät suodatuske-
lat. Kyseisessä ratkaisussa suodatuskelat on sijoitet-
tu magneettisydämen sivutolppien ympärille.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on rat-
30 kaista edellä mainitut ongelmat. Erityisesti keksinnön
tarkoituksena on tuoda esiin uuden tyyppinen tasavir-
tamuunnin ja hakkurityyppinen regulaattori, joissa
muuntajan käämit ja lähtöjännitteen suodatuskelat on
integroitu samalle magneettisydämelle. Edelleen kek-
35 sinnön tarkoituksena on tuoda esiin menetelmät mainit-
tujen muuntimen ja regulaattorin muodostamiseksi.

KEKSINNÖN YHTEENVETO

Keksinnön kohteena on menetelmä hakkurityypin tasavirtamuuntimen muodostamiseksi. Tällöin sivvirtamuunnin on muuntajakytketty, jolloin muuntimen varransyöttö on isoloitu. Toisin sanoen muuntimen ensiö- ja toisiopuolten välillä ei ole galvaanista yhteyttä. Muuntimen magneettisydämen kuuluu ensimmäinen ja toinen sivutolppa, joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla toisiinsa ja keskitolppa, johon on järjestetty ilmaväli ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin ensimmäisen ja toisen sivutolpan väliin. Magneettisydän on edullisesti E-tyyppiä. Magneettisydämen ympärille on järjestetty ensiökäämi, toisiokäämi ja toisiopuolen suodatuskela. Keksinnön mukaisessa menetelmässä suodatuskela järjestetään keskitolpan ympärille. Ensiö- ja toisiokäämit järjestetään sivutolppien ympärille sitten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan magneettivuon suuntainen.

Eräässä eksinnön edullisessa sovelluksessa muuntimen ensiöpuolelle järjestetään neljä käämiä sitten, että kytetään kaksi käämiä sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympärille. Käämit järjestetään sivutolppien ympärille sitten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla. Edelleen muuntimen toisiopuolelle järjestetään kaksi käämiä ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympärille sitten, että käämien muodostama magneettivuo on vastakkaisuuntainen samaan sivutolppaan yhdistettyyn ensiökäämiin nähdin. Magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla silloin, kun magneettivuo voidaan ajatella kiertävän kehää magneettisydämen ympäri, jolloin kehän muodostavat sivutolpat ja päätykappaleet. Ensimmäisen sivutolpan magneettivuo siis yahvistaa toisen sivutolpan magneettivuota.

Eräässä sovelluksessa ensiökäämejä ohjataan ensimmäisen ja toisen kytkinelementin välityksellä. Lisäksi ensiöpuolelle järjestetään kaksi kondensaatto-

ria siten, että ensimmäinen kondensaattori kytetään kytkinelementtien väliin ja toinen kondensaattori rinnan syöttöjännitteen kanssa.

Eräässä toisessa sovelluksessa muuntimen ensiöpuolelle järjestetään kaksi kytkinelementtiä ja kaksi kondensaattoria siten, että ensimmäinen kytkinelementti kytetään kahden ensiökäämin väliin ja toinen kytkinelementti vastaavasti sarjaan kahden muun ensiökäämin väliin. Lisäksi kytetään ensimmäinen kondensaattori ensimmäisen kytkinelementin ensimmäiseltä puolelta toisen kytkinelementin toiselle puolelle ja toinen kondensaattori ensimmäisen kytkinelementin toiselta puolelta toisen kytkinelementin ensimmäiselle puolelle. Kytkinelementin eri puolet on käsitettävissä kytkinelementin mukaan, esimerkiksi mosfet-transistorissa drain on ensimmäinen puoli ja source toinen puoli; vastaavasti esimerkiksi bipolaaritransistorilla emitteri voi olla ensimmäinen puoli ja kollektori toinen puoli. Määrittelyn voi tehdä kytkinelementin mukaisesti alan ammattimiehen tuntemalla tavalla.

Eräässä sovelluksessa järjestetään muuntimen ensiöpuolelle neljä käämiä siten, että kytetään kaksi käämiä sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympäriille siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla ja kytetään kaksi muuta käämiä siten, että niiden muodostaman magneettivuon suunta on samalla sivutolpalla vastakkainen edelliseen nähden. Edelleen järjestetään ensiöpuolelle kaksi kytkinelementtiä ja kondensaattori siten, että kytetään ensimmäinen kytkinelementti toisesta päästä sarjaan kahden ensiökäämin kanssa ja toisesta päästä syöttöjännitteen toiseen napaan. Toinen kytkinelementti kytetään vastaavasti kahden muun ensiökäämin kanssa. Kondensaattori kytetään rinnan syöttöjännitteen kanssa.

Eräässä sovelluksessa ensiöpuolelle järjestetään kaksi kytkinelementtiä, kaksi kondensaattoria ja kaksi käämiä siten, että muodostetaan kytkinelementeillä ja kondensaattoreilla puolisiltakytkentä. Käämit kytketään siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla ja käämit on toisesta päästä kytketty kytkinelementtien väliin ja toisesta päästä kondensaattorien väliin.

Eräässä sovelluksessa järjestetään ensiöpuolelle neljä kytkinelementtiä, kondensaattori ja kaksi käämiä siten, että muodostetaan kytkinelementeillä kokosiltakytkentä. Lisäksi kytketään kondensaattori rinnan syöttöjännitteen kanssa. Käämit kytketään sarjaan siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla ja käämit on toisesta päästä kytketty kahden kytkinelementin väliin ja toisesta päästä kahden muun kytkinelementin väliin.

Edellä kuvattuihin sovelluksiin voidaan yhdistää useita toisiopuolen sovelluksia. Eräässä sovelluksessa kytketään suodatuskelan käämin ensimmäinen pää toisiokäämin ensimmäisen ja toisen sivutolpan käämyksien väliin ja kytketään toinen pää muuntimen lähtöjännitteen ensimmäiseen napaan.

Eräässä sovelluksessa järjestetään toisiopuolelle kolmas ja neljäs kytkinelementti toisiokäämin kanssa sarjaan kytkettynä ja järjestetään muuntimen lähtöjännitteen toinen napa kolmannen ja neljännen kytkinelementin väliin. Kytkinelementit voidaan myös korvata diodeilla. Tällöin toisiopuolelle järjestetään ensimmäinen ja toinen diodi sarjaan kytkettynä toisiokäämin kanssa ja järjestetään muuntimen lähtöjännitteen toinen napa ensimmäisen ja toisen diodin väliin.

Eräässä sovelluksessa toisiopuolelle järjestetään vähintään kaksi erilaista jännitelähtöä siten, että järjestetään yhtä jännitelähtöä kohden kaksi käämiä ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympärille. Jänni-

telähdöt voivat olla joko kelluvia tai niillä voi olla yhteen maataso.

Lisäksi eksinnön kohteena on menetelmä hakuryyppisen regulaattorin muodostamiseksi, johon 5 kuuluu edellä kuvatun kaltainen magneettisydän, jonka ympärille järjestetään kaksi käämiä ja suodatuskela. Regulaattori poikkeaa muuntimesta siten, että lähtö- ja syöttöjännitteiden välillä on galvaaninen yhteyts. Menetelmässä järjestetään suodatuskela keskitolpan ym- 10 päälle ja järjestetään käämit sivutolppien ympärille siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan magneettivuon suuntainen.

Edelleen eksinnön kohteena on hakkuryyppinen tasavirtamuunnin, johon kuuluu edellä kuvatun kaltainen magneettisydän, ensiökäämi, toisikökäämi ja toisiopuolen suodatuskela. Keksinnön mukaisessa muuntimessa suodatuskela on kierretty keskitolpan ympärille ja ensiö- ja toisikökäämit on kierretty sivutolppien ympärille siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan magneettivuon suuntainen. 20

Lisäksi eksinnön kohteena on hakkuryyppinen regulaattori, johon kuuluu edellä kuvatun kaltainen magneettisydän, kaksi käämiä ja suodatuskela. Keksinnön mukaisesti suodatuskela on järjestetty keskitolpan ympärille ja sivutolppien ympärille on järjestetty käämit siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan magneettivuon suuntainen. 25

Keksinnön etuina on, että teholähde voidaan suunnitella yhden vakiotyyppisen magneettisydämen ympärille. Tällöin saavutetaan huomattavia etuja sekä suunnittelussa että valmistuksessa. Esitetyllä ratkaisulla voidaan entistä paremmin hyödyntää magneettisydämen magneettivuon tiheyden kapasiteettia. Erilisten suodatinkelojen vähenneminen pienentää teholähteiden kokoa ja siten parantaa tehotiheyttä, samalla pystytään käyttämään magneettisydäntä suhteellisen te-

hokkaasti hyväksi. Suurissa valmistusmääriissä saavutetaan merkittävä kustannussäästö sydänmateriaalissa.

Perinteiseen muuntajaratkaisuun verrattuna vuon vaihtelu komponentin keskitopalla pienenee, mikä johtaa pienempiin magneettisydämen hystereesi- ja pyörrevirtahäviöihin.

Syöttöasteen rakenteen ansiosta push-pull-topologialle tyypillisten suurten ensiökykäylien välisen kapasitanssin haitat pystytään eliminoimaan, joten suuret virtapiikit tehopuolijohteiden pääallekytkennässä häviävät. Ominaisuus vähentää suodatustarvetta virtamittauksessa ja puolijohteiden virtarasitus pienenee. Ensiökytkinten välisen erotuskondensaattorin laajautuminen kytkinten ollessa johtamattomana aiheuttaa jatkuvan ensiövirran, jonka aaltoisuus on hyvin pieni. Tarvetta erilliseen sisääntulon suodatuskelaan ei ole ja sisääntulon sähkömagneettinen interferenssi (EMI, Electro Magnetic Interference) on hyvin pieni.

Jatkuvalla toiminta-alueella magneettisydämen keskitolpan ilmarakoon varastoitunut energia aiheuttaa jatkuvan virran lähtöön ensiökytkinten asennosta huolimatta. Energia purkautuu osaksi sivutolppien kääylien kautta ja osaksi keskitolpan käämin kautta. Tästä johtuen lähtöön ei tarvita erillistä suodatuskelaa. Lisäksi vuorovaiheissa johtavat sivutolppien toisiokäytäimet mahdollistavat kokoaaltotatasuuntaukseen käytön, jossa virtarasitukset voidaan jakaa tasan kahdelle komponentille.

Buck- ja flyback-tyyppisiin teholähderatkaisuihin verrattuna magneettimateriaalia pystytään käyttämään tehokkaasti hyödyksi, koska magnetointi tapahtuu sydämen sivutolpilla kytkentäjaksosta riippuen eri suuntiin. Samasta syystä voidaan kokoaaltotatasuuntausta ja muita kokoaaltomuuttajien periaatteita käyttää analyysissä hyväksi.

Tarkasteltaessa komponentin toimintaa, voidaan havaita toisen muuntajan magnetointi-induktanssin

olevan sarjassa toisen muuntajan kanssa. Näin ollen komponentti on jossain määrin ominaisuksiltaan vir-
tasyötetty muuntaja. Kyseisestä ominaisuudesta johtuen
virtamuotosäätö soveltuu erittäin hyvin komponentin
5 ohjaamiseen. Sarjassa olevasta magnetointi-induktans-
sista on hyötyä erityisesti ulostulon oikosulku- ja
muissa vikatilanteissa, jolloin virta ei pääse kaava-
maan hallitsemattomasti.

10 Elektroniikan käyttöjännitteiden pienentyessä
on tullut tarvetta kehittää erilaisia syn-
kronitasasuuntausmenetelmiä. Esitetty topologia sovel-
tuu hyvin myös synkronitasasuuntauksen yhteydessä käy-
tettäväksi.

15 **MUVALUETTELO**

Seuraavassa keksintöä selostetaan cheisten
suoritusesimerkkien avulla viittaamalla cheiseen pii-
rustukseen, jossa

20 kuvat 1a ja 1b esittävät kaaviomaisesti erää-
tä sovellusta keksinnön mukaisesta tasavirtamuuntimes-
ta;

kuva 2 esittää tunnetun tekniikan mukaista
hakkuriteholähettää;

25 kuva 3 esittää esillä olevan keksinnön erään
sovelluksen mukaista syöttöastetta;

kuva 4 esittää kuvan 3 syöttöasteen virtojen
käyrämuotoja;

kuva 5 esittää magneettivuon suuntia eri kyt-
kentätilanteissa;

30 kuvat 6a - 6d esittävät eräitä sovelluksia
ensiöpuolen kytkennoiksi;

kuvat 7a - 7d esittävät eräitä sovelluksia
täpsiöpuolen kytkennoiksi; ja

35 kuvat 8a ja 8b esittävät eräitä sovelluksia
hakkuriregulaattoreiksi.

KEKSINNÖN YKSITYISKONTAINEN SELOSTUS

Kuvissa 1a ja 1b on esitetty keksinnön mukaisen tasavirtamuuntimen periaatteellinen rakenne. Tasavirtamuunniin muuntaa ensiöpuolen tasavirtamuotoisen syöttöjännitteen lähtöpuolen tasavirtamuotoiseksi lähtöjännitteeksi. Kuvissa on käytetty seuraavia merkitöjä ja lyhenteitä:

Ui on muunninta syöttävä jännitelähde;
Ci on sisääntulon suodatinkondensaattori;
A ja B ovat ensiön kytkinelementtejä;
10 Ci on ensiökäämien välinen kondensaattori;
P1 - P4 ovat ensiön sivutolpille jakautuvat käämitykset;
S1 ja S2 ovat toision sivutolpille jakautuvat käämitykset;
15 Sc on toision keskitolpalla oleva käämitys;
A' ja B' ovat toision kytkinelementtejä tai dioditasasuuntaajan diodeja; ja
Co on lähdön suodatinkondensaattori.

Kuvissa käämeille merkityt pistetet osoittavat 20 käämien polariteetin käämin P1 suhteen. CT on virtamuotosäädössä käytettävä virranmittausmuuntaja, joka on kytketty komponentin ensiökäämien kanssa sarjaan. Magneettisydän M on E-tyyppinen ferriitti, joka on tehty edullisesti planaarimuotoon. Magneettisydämen M 25 kuuluu kaksi sivutolppaa MS1, MS2. Sivutolpat MS1, MS2 on yhdistetty toisiinsa päätykappaleilla MP1, MP2. Sivutolpat MS1, MS2 ja päätykappaleet MP1, MP2 muodostavat olennaisesti yhtenäisen kokonaisuuden, jolloin niihin ei kuulu yhtään ilmaväliä. Keskitolppa MK on 30 sijoitettu sivutolppien MS1, MS2 välisiin yhdistämällä se päätykappaleisiin MP1, MP2. Keskitolppaan MK on järjestetty ilmaväli G.

Ensiökäämit P1 - P4 on kierretty sivutolppien 35 MS1, MS2 ympärille siten, että kaksi käämiä on kytketty sarjaan vastakkaisen sivutolppien ympärille. Tällöin esimerkiksi ensiökäämi P1 on kierretty sivutolpan MS1 ympärille ja ensiökäämi P2 sivutolpan MS2 ympäril-

le. Käämien kiertosuunta on sellainen, että niiden muodostaman magneettivuon voidaan ajatella kiertävän samaan suuntaan magneettisydämen M ulkokehää, jonka muodostavat sivutolpat MS1, MS2 ja päätykappaleet MP1, 5 MP2. Toisiokäämit S1, S2 on kierretty sivutolppien MS1, MS2 ympärille ja suodatuskela Sc keskitolpan MK ympärille.

10 Kuvassa 2 on esitetty tunnetun tekniikan mukainen push-pull-teholähde, jossa magneettiset komponentit on sijoitettu erilleen toisistaan. Keksinnön mukainen topologia optimoi DC-DC-hakkuriteholähteeseen (DC, Direct Current) magneettikomponenttien koon ja määärän siten, että kuvan 2 mukaisen push-pull-teholähteeseen sisääntulovirran suodatuskela Li, muuntaa 15 ja X1 ja ulostulovirran suodatuskela Lo on integroitu samaan komponenttiin.

20 Keksinnön mukaisessa ratkaisussa ensiöpiiri koostuu erityisestä kondensaattorilla C1 erotetusta syöttöasteesta, jossa käämityksissä esiintyvän hajakapasitanssin haittavaikutukset on poistettu. Varsinainen ensiökäämi P1 - P4 koostuu kahden symmetrisen muuntajan ensiökäämin sarjaanlytkennästä, P1-P2 ja P3-P4. Muuntajat jakautuvat symmetrisesti magneettisydämen M sivutolpille MS1, MS2. Erikoisesta syöttöasteestaan huolimatta säätöpiirinä voidaan käyttää tavallista push-pull-teholähteestä virtamuotoperiaatteella toimivaa säätöpiiriä.

25 Sisääntulojännitteen U1 syöttäminen ensiökäämeille P1 - P4 voidaan jakaa ajallisesti kahteen puolijaksoon, kummallekin ensiökäämille P1-P2, P3-P4 oma puolikkaansa, kuten tavallisessa push-pull-topologiassakin. Ensimmäisen puolijakson aikana toinen sivutolppien toisiokäämeistä ja keskitolpan käämi johtavat ensiön toisioon indusoiman virran ja edellisellä 35 kytkentäjakson puolikkaalla magneettisydämen puolikkaaseen varastoituneen energian toisioon. Samalla energiaa varastoituu johtamattoman toisiokäämin mag-

neettivuohon. Seuraavalla kytkentäjakson puolikkaalla käämien osat vaihtuvat. Tilanne on periaatteeltaan sellainen, että toinen sivutolpista MS1, MS2 toimii virtamuuntajana toisen toimissa kelana. Hetkellä, 5 jolloin kumpikaan kytkimistä A, B ei johda, sisääntulon virta kulkee ensiökäämien läpi kondensaattoriin C1 tasoltaan virran pulssimaisuutta. Nämä ollen sisääntulossa ei tarvita suodatuskelaa. Lähdössä vastaavasti magneettisydämeen M varastoitunut energia vapautuu 10 lempien toisiokäämien S1, S2 ja keskitolpan käämin Sc kautta, joten erillistä lähdön suodatuskelaa ei tarvita.

Tarkastellaan syöttöasteen toimintaa staattisessa toimintatilanteessa, jossa lähdön virta Io ja 15 jännite Uo ovat vakioita. Tällöin myös sisääntulon virta ja kytkinten A, B ohjauspulssien leveys ovat vakioita. Syöttöasteen periaatteellisen toiminnan analyysissä voidaan magneettikomponentin toisio ajatella ideaaliseksi hajainduktanssien ja hajakapasitanssien 20 suhteen. Tällöin ensiö voidaan kuvata irrallisenä konaisuutena kuvan 3 mukaan, jossa II on rakennetta syöttävä virtalähde, Ci on sisääntulon suodatinkondensaattori ja C1 on käämien erotuskondensaattori. P1 ja P2 ovat ensiön käämitykset ja A ja B ovat ensiön kytkimet. Kondensaattoreiden oletetaan tässä tarkastelun 25 vaiheessa olevan hyvin suuria. Käämien välistä magneettista kytkentää on merkitty pisteillä siten, että syötettäessä käämin pistepäähän positiivinen jännite, indusoituu toisen käämin pistepäähän positiivinen jännite. Virtojen positiivinen suunta on merkitty kuvaan 30 muolilla.

Tarkastellaan eri komponenttien virtojen käyrämuotoja kuvan 4 mukaan. Virtalähde II syöttää koko ajan vakiovirtaa. Hetkellä t0 kytkin B pidetään johtamattomana ja kytkin A kytketään johtavaksi, jolloin kytkimen A läpi kulkee virta virtalähteeltä II ja sisääntulon suodatinkondensaattorilta Ci käämin P1 läpi. 35

Samaan aikaan käämien välinen kondensaattori C1 purkautuu käämin P2 ja kytkimen A läpi. Näin ollen kytkin A johtaa sekä käämin P1 että käämin P2 virran. Tarkasteltaessa käämeille P1 ja P2 syötettävän virran polariteettia, voidaan huomata virran kulkevan molempien käämien pistepäistä sisään. Näin ollen käämit magneettoivat magneettisydäntä M samaan suuntaan ja tehoa siirtyy johtavaan toisikäämiin. Virran hidast kasvamisen johtuu magneettisydämen M aiheuttamasta magnetoinkti-induktanssista. Kytkentäjakson aikana kondensaattorit Ci, C1 tasaavat virran aaltoisuuden, joten ne purkautuvat.

Hetkellä t1 kytkin A avataan ja kytkin B pysyy johtamattomassa tilassa, joten kummankaan kytkimen A, B läpi ei kulje virtaa. Edellisen kytkentäjakson aikana kondensaattorit Ci, C1 purkautuivat, joten syötetty virta varaa niitä. Syötetty virta kulkee nyt kummankin ensiökäämin P1, P2 läpi. Tarkasteltaessa virran polariteettia, voidaan todeta virran kulkevan käämin P1 pistepäistä sisään ja käämin P2 pistepäistä ulos. Käämien vastakkainen magneettoiminen tarkoittaa sitä, että ensiökäämitys ei siirrä lähtöön tehoa, eikä myöskään magneettisydämen M magneettivuohon varastoidu energiaa. Tästä syystä ensiöön syötettävä virta pysyy vakiona hetkien t1 - t2 välillä, eikä merkittäviä teohohäviöitä ole.

Kytkin B kytketään johtavaksi hetkellä t2 kytkimen A pysyessä johtamattomassa tilassa. Sisään syötetty virta alkaa kulkea kytkimen B ja käämin P2 läpi kondensaattorin C1 purkautuessa kytkimen B ja käämin P1 lävitse. Käämivirtojen polariteettia tarkasteltaessa voidaan huomata virran kulkevan kummankin käämin pistepäistä ulos, jolloin tehoa siirtyy toisikin ja energiaa varastoituu magneettisydämen M magneettivuohon. Kondensaattorit Ci, C1 purkautuvat ja tasaavat virran aaltoisuutta. Kytkentäjakson t2 - t3 voidaan havaita olevan sydämen M magnetoinnin ja tehon

toisioon siirtämisen kannalta vastakkaisvaiheinen aikavälisiin t0 - t1 verrattuna.

5 Aikavälillä t3 - t4 kumpikaan kytkin A, B ei johda ja virta kulkee kummankin ensiökäämin P1, P2 lävitse varaten kondensaattoreita Ci, C1 siirtämättä energiaa joko toisioon tai magneettisydämeen M. Aikaväli on identtinen aikavälisiin t1 - t2 verrattuna. Hetkellä t4 kytketään kytkin A johtavaksi ja hetki vastaa hetkeä t0.

10 Rakenteella saavutetaan tavanomaiseen push-pull-ensiöön verrattuna seuraavia hyötyjä. Puolijohtiden kytkentäjakson aikana tavanomaisessa push-pull-ensiössä vain toinen ensiökäämi johtaa kaiken virran. Vain toisen ensiökäämin johtaessa käämin virrantiheys 15 useese aiheuttaen resistiivisiä häviöitä. Kun esite-tyssä rakenteessa virta kulkee molempien ensiökäämien lävitse, koko ensiökäämitys saadaan tehokkaaseen käytöön ja virran tiheys käämeissä laskee huomattavasti. Virrantiheyden laskemisen lisäksi käämivirtojen tehol-20 lisarvo ja harmonisten taajuuksien sisältö on pienempi kuin kytkinvirroilla. Näistä seikoista johtuen käämien häviöt ovat pienemmät kuin tavanomaisessa push-pull-toteutuksessa. Vaihtoehtoisesti käämityksissä voidaan käyttää poikkipinta-alaltaan pienempiä johtimia.

25 Eräs merkittävä etu saavutetaan ensiökäämien P1, P2 välisessä kapasitanssissa. Normaalilla push-pull-muuntajan ensiö käämitään kahdella langalla yhtä aikaa siten, että eri käämien kierrokset ovat hyvin lähellä toisiaan. Käämintätavasta aiheutuu käämien välistä kapasitanssia. Puolijohtiden kytketytyessä tämä kapasitanssi tyhjenee nopeasti aiheuttaen suuren virtapiikin. Virtapiikistä puolestaan lisää puolijohtiden virtarastustusta. Lisäksi hajakapasitanssi aiheuttaa oskillointia parasiittisten induktanssien kanssa. Virtapiikki aiheuttaa ongelmia virtamuotosäädössä, jossa mitattua virran arvoa käytetään takaisinkytkentäsuurena. Virheellisen toiminnan estämiseksi virtapiikki

täytyy suodattaa mittaussignaalista. Suodatus puolestaan aiheuttaa viivettä takaisinkytkentäsilmukkaan ja systeemin stabiilisuus saattaa kärsiä.

Esitetyssä topologiassa ensiökäämit P1 - P4 voidaan kiertää sydämen M ympärille samalla tavalla kuin perinteisessä push-pull-topologiassakin. Käämien välille muodostuu kapasitanssi samalla tavalla kuin edellisessä tarkastelussa. Tällä kertaa käämien välisiin sijoitetaan kondensaattori ja kytkimet A, B ryhmitellään uudelleen kuten kuvassa 1a. Tarkasteltaessa käämien P1 - P4 välistä kapasitanssia, voidaan sen havaita olevan lähes merkityksetön kytkentätapahtuman kannalta. Käämitysten välisellä kondensaattorilla on pyritty lisäämään käämien päiden välistä AC-kytkentää, eli hajakapasitanssia. Rakenteen ansiosta kytkentävirtapiikeistä päästään eroon ja virtamittauksen suodustarve vähenee.

Syöttöasteen tärkeimmät ominaisuudet liittyvät hajainduktanssin aiheuttamiin ongelmiani. Käytetyssä rakenteessa hajainduktanssin energia pystytään palauttamaan syöttöjännitteeseen, joten häviöt pienenevät. Tavanomaisessa push-pull rakenteessa ensiön kytkinten summutustransientissa voidaan havaita suuria jännitepiikkejä. Syöttöasteen rakenne rajoittaa piikit tienkästä kaksinkertaisen syöttöjännitteen suuruisiksi.

Komponentin toiminnan ymmärtämiseksi voidaan komponentti ajatella kahdeksi erilliseksi kuvan 1b muotiseksi muuntajaksi. Ensimmäisen muuntajan T1 muodostavat ensiökäämit P1, P3 ja toisiokäämi S2. Vastaavasti toisen muuntajan T2 muodostavat ensiökäämi P2, P4 ja toisiokäämi S1. Kaikissa ensiökäämeissä P1 - P4 on yhtä paljon kierroksia. Myös molemmissa toisioissa S1, S2 on sama kierrosmääärä. Ensiön ja toision kierrosmäärien suhteella määritään haluttu muuntosuhde. Muuntosuhteiden valitsemiseen vaikuttavat sisääntulevan jännitteiden vaihtelalue ja lähtöön haluttu jännite. Läh-

5 tōön on järjestetty suodatuskela Sc tasaamaan virran aaltoisuutta. Muuntajien ensiökäämit on kytketty sarjaan ja muuntajissa olevat pistet kuvaavat virran kulkusuuntaa. Mikäli virta kulkee ensiössä pistepäästä sisään, kulkee virta toisiessa pistepäästä ulos. Ilma-
raolliset magneettisydämet on valittu siten, että ilmarako pystyy varastoimaan yhtä paljon tai enemmän energiaa kuin ulostuloon siirtyy yhden ensiökytkimen ohtaessa.

10 10 Kuvan 1a tai 1b mukaisesti toision kytkinelementit A' ja B' on kytketty siten, että A' tasasuuntaa käänin S2 virran ja B' puolestaan tasasuuntaa käänin S1 virran. Lähtövirran suodatuskela Sc on kytketty lähdön maajohtimeen. Lähdön suodatinkondensaattori Co
15 oletetaan ideaaliseksi ja suureksi, joten se poistaa kaiken aaltoisuuden lähdön Uo jännitteestä. Ensimmäis-
tä ja toista kytkinelementtiä A, B ohjataan sopivalla säätöpiirillä, joka pitää ulostulojännitteen Uo määrä-
tyssä arvossa. Toision kytkinelementit A' ja B' toimi-
20 vat eräässä sovelluksessa vastakkaisvaiheisena ensiön kytkinelementteihin A, B näden. Kytkinelementit A, B, A', B' voivat olla esimerkiksi mosfet-transistoreja tai vastaavia tehopuolijohdekytkimiä. Eräässä sovel-
lukseissa kytkinelementit A', B' on toteutettu diodeil-
25 la, jotka suorittavat tasasuuntauksen.

30 Tarkastelussa oletetaan kuorman pysyvän vakiona ja täten myös tehopuolijohteiden ohjauksen oletetaan pysyvän vakiona. Stabilissa toimintatilanteessa kondensaattori C1 on latautunut syöttävään jännitteeseen Ui ensiökäämien P1 - P4 kautta. Ensiön kytkin-
tien A, B oletetaan johtavan vuorovaiheissa, kuten syöttöasteen kuvaussa on edellä esitetty.

35 Kytkimen A johtaessa alkaa virta kulkea syöttöjännitteestä Ui käämien P1 ja P2 kautta maahan. Samaan aikaan kondensaattori C1 alkaa purkautua käämien P3 ja P4 kautta. Nän ollen kummankin käämparin yli vaikuttaa syöttöjännitteen suuruinen potentiaali. Vir-

ran jakautuminen käämiparien kesken on pulssisuhteen lineaarinen funktio.

Virran kulkissa käämeissä P2 ja P4 pisteestä ulos, kulkee virta toisiokäämässä S1 pisteestä sisään ja kytkinelementti B' johtaa virran lähtöön. Vastaavasti käämeissä P1 ja P3 virta kulkee pistepäästä ulos, joten toisiossa S2 virta pyrkii kulkemaan pistepäästä sisään. Kytkinelementti A' estää kuitenkin virran kulkemisen ja näin ollen käämien P1 ja P3 läpi kulkeva virta magnetoi muuntajan T1 sydäntä eli varastoi energiaa muuntajan sydämeen. Syöttöjännite jakautuu sarjassa olevien käämien kesken siten, että käämien P2 ja P4 yli olevaa jännitettä rajoittaa lähdön jännite Uo muuntosuhteella kerrottuna. Muu osa jännitteestä jää käämien P1 ja P3 yli. Virran kulkissa lähdön maavedon kelan kautta siihen varastoituu energiaa.

Suodatuskela Sc siirtää varastoimansa magneettisen energian lähtöön hetkellä, jolloin kumpikaan kytkin A, B ei johta. Näin suodatuskela Sc ylläpitää lähdön virtaa. Samalla muuntajan T1 magnetointienergia purkautuu lähtöön. Kytkimen B johtaessa tilanne on päinvastainen kuin kytkimen A johtaessa. Muuntaja T1 johtaa virtaa ulostuloon ja muuntaja T2 varastoi energiaa sydänmateriaalin M magneettikenttään. Samanlaisista vuorovaiheisista kytkentäjaksoista johtuen muuntajat ovat toistensa suhteenvaihtuvia ja ulostulossa voidaan käyttää kokoaaltotatasuuntaajaa. Ensiökäämien P1 - P4 sarjaankytkenästä johtuen magnetointienergiaa varastoivan muuntajan yli tulee jäädä välinään puolet syöttöjännitteestä, muuten toiminta ei ole mahdollista.

Mikäli toimintaa tutkitaan magneettisessa mielessä kytkimen A johtaessa, voidaan todeta seuraavat seikat. Muuntaja T2 tarjoaa magneettisen tien magneettikentälle, joka kytkee käämit P2 ja P4 virran lähtöön johtavaan käämiin S1. Samalla hetkellä muuntaja T1 toimii muuntajan T2 kanssa sarjassa olevana ke-

lana. T1 varastoi energiaa ilmavälin G magneettikenttää. Muuntajaan T1 varastoitu energia siirtyy lähtöön kytkinten ollessa johtamattomassa tilassa, tai viimeistään kytkimen B johtaessa. Toimintaa voisi kuvata 5 myös buck- ja flyback-tyyppisten muuntajien sarjaan-kytkentänä, jossa muuntajat vaihtavat tehtäväänsä vuorokaksoin. Toisen muuntajan toimiessa kelana saadaan aikaan virtasyötetyyn teholähteen ominaisuudet. Ensio-kytkinten virta ei kasva hallitsemattomasti, vaikka 10 toisio hetkellisesti oikosuljettaisiin. Ension virran kasvu rajoittuu kelana toimivan muuntajan magnetointivirran kasvun tasolle.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa edellä kuva-15 tun kahdella muuntajalla T1, T2 ja ulostulon suodatus- kelalla Sc varustetun teholähteen magneettisten kompo- nenttien magneettitiet on pystytty yhdistämään. Mag- neettiteiden yhdistämisläpästään integroituun ra- tenteeseen, jossa tarvitaan vain yksi magneettisydän M 20 entisen kolmen sijaan. Analyysi suoritetaan kuvan 5 merkintöjen mukaan. Tarkastelussa käytetään jännitteisiin perustuvia vuomalleja.

Toiminta jaetaan tarkastelussa neljään aika- väliin. Aikaväli t0 - t1 kuvailee tilannetta, jossa kyt- 25 kin A johtaa, aikavälillä t1 - t2 kumpikaan kytkin ei johda, kytkin B johtaa ajan t2 - t3 ja t3 - t4 aikana kumpikaan kytkin ei johda.

Hetkellä t0 kytketään kytkin A johtavaksi ja 30 virta alkaa kulkea ensiökäämeissä nuolten IA1 ja IA2 osoittamia reittejä. Käämien yli oleva jännite aiheut- taa käämien magneettiteihin magneettivuoon muutoksen. Indusoituvien magneettivoiden suunta saadaan oikeaan käden säännöllä. Vuon kulkusuunta on merkitty kuvaan 5 35 jokaisella komponentin tolpalla erikseen. Ension indusoima magneettivuo indusoi jännitteen toisiokäämeiden S1, S2 ja keskitolpan käämiin Sc. Toisiokäämeissä jännitteiden polariteetit ovat seuraavat. Käämin S2 kytkinelementin A' puoleinen pää saa negatiivisen po-

lariteetin ja keskitolpan puoleinen pää saa positiivisen polariteetin, eli kytkinelementti B' estää virran kuljemisen käämmissä S2. Käämin S1 kytkinelementin B' puoleinen pää saa positiivisen polariteetin ja keskitolpan puoleinen pää negatiivisen polariteetin, kytkinelementti B' on myötäsuuntaan biasoitu ja alkaa johtamaan. Samaan aikaan keskitolpan vuon muutos saa keskitolpan maan puoleisen pään polariteetin positiiviseksi ja toisiokäämien puoleisen pään polariteetin negatiiviseksi. Keskitolpan käämin päiden yli syntynä potentiaaliero on pienempi kuin toisiokäämin S1 päiden yli oleva polariteetti, joten virta alkaa kulkea kytkinelementin B' kautta lähtöön Uo.

Ensiön ja toision käämmeille pätevät samat 15 lainalaisuudet, joten ensiökäämin aiheuttaman vuon muutos sydämen tolpalla MS1 ei voi olla suurempi kuin jähdön ja keskitolpan jännitteen rajoittama arvo. Toision aiheuttamasta rajoituksesta johtuen sisääntuleva jännite jakautuu ensiökäämien suhteen siten, että tolpalla MS2 olevien käämien yli jää suurempi jännite kuin tolpalla MS1 olevien käämien yli. Magneettivuon kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tolpalla MS1 vuon muutos on pienempi kuin tolpalla MS2.

Kuvassa 5 vuon muutoksen suuruutta ja suuntaa 25 on kuvattu nuolilla, tolpalla MS1 nuolella ΦA_1 ja tolpalla MS2 nuolella ΦA_2 . Koska magneettivuo on jatkuva, täytyy sydämen M keskitolpalla MK kulkea sivutolppien magneettivoiden summa $\Phi A_1 - \Phi A_2$. Tämän summavuon voidaan havaita magnetoivan keskitolppaa MK alaspäin. Itse asiassa keskitolpan MK magneettivuohon vaikuttaa osaltaan myös käämi Sc.

Tarkastelussa siirrytään aikavälin $t_1 - t_2$ yli, aikavälille $t_2 - t_3$. Hetkellä t_2 kytketään kytkin johtavaksi ja virta alkaa kulkea ensiökäämeissä 35 nuolten IB1 ja IB2 osoittamia reittejä. Käämien yli oleva jännite aiheuttaa käämien magneettiteihin magneettivuon muutoksen, kuten aikavälillä $t_0 - t_1$. Indu-

soituvien magneettivoiden suunta saadaan oikean käden säännöllä. Vuon kulkusuunta on merkitty kuvaan 5 jo-
kaisella komponentin tolpalla erikseen. Ension in-
dusoima magneettivuo indusoi jännitteen toisikäämei-
5 hin S1, S2 ja keskitolpan MK käämiin Sc.

Toisikäämeissä S1, S2 jännitteiden polariteetit ovat seuraavat. Käämin S1 kytkentäelementin B' puoleinen pää saa negatiivisen polariteetin ja keskitolpan MK puoleinen pää saa positiivisen polariteetin,
10 eli kytkentäelementti B' estää virran kuljemisen kää-
missä S1. Käämin S2 kytkentäelementin A' puoleinen pää saa positiivisen polariteetin ja keskitolpan puoleinen pää negatiivisen polariteetin, kytkentäelementti A' on myötäsuuntaan biasoitu ja alkaa johtamaan.

15 Samaan aikaan keskitolpan vuon muutos saa keskitolpan maan puoleisen pään polariteetin positiiviseksi ja toisikäämien puoleisen pään polariteetin negatiiviseksi. Keskitolpan käämin päiden yli syntynä potentiaaliero on pienempi kuin toisikäämin S2 päiden yli oleva potentiaaliero, tähän syystä virta alkaa kulkea kytkentäelementin A' kautta lähtöön Uo.

20 Symmetrisen toiminnan johdosta vuon vaihtelu tapahtuu sydämelä M symmetrisesti aikaväliin t0 - t1 verrattuna. Toisin sanoen ensikäämin aiheuttaman vuon muutos sydämen M tolpalla MS2 ei voi olla suurempi kuin arvo, johon ulostulon ja keskitolpan MK jännitteet sen rajoittavat. Toision aiheuttamasta rajoituksesta johtuen sisään tuleva jännite jakautuu ensikäämien suhteen siten, että tolpan MS1 olevien käämien yli jää suurempi jännite kuin tolpan MS2 olevien käämien yli. Magneettivon kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tolpan MS2 vuon muutos on pienempi kuin tolpan MS1.

25 35 Kuvassa 5 vuon muutoksen suuruutta ja suuntaa on kuvattu nuolilla, tolpan MS1 ΦB_1 ja tolpan MS2 ΦB_2 . Koska magneettivuo on jatkuva, täytyy sydämen keskitolpan kulkea sivutolppien magneettivoiden sum-

ma $\Phi B_1 - \Phi B_2$. Tämän summavuon voidaan havaita magnetoivan keskitolppaa alaspäin. Tässä havaitaan merkittävä ero kytkentäjaksoon $t_0 - t_1$ verrattuna. Vaikka toiminta on symmetristä, ei keskitolpalle MK syntyvän summamagneettivuon polariteetti käännny. Seurauksena on keskitolpalle MK syntyvä magneettivuon tasavirtakomponentti. Keskitolpan MK tasavirtakomponentti merkitsee sitä, että myös sivutolpilla MS1, MS2 täytyy olla tasavirtakomponentti.

10 Kytkentäjaksossa ajanhetket $t_1 - t_2$ ja $t_2 - t_3$ ovat samanlaiset ja niiden tarkastelu voidaan esittää yhtenä tarkasteluna. Hetkellä t_1 kytkin A kytkeään johtamattomaksi. Virta kulkee ensiökäämeissä syöttöasteen kuvauksessa esitetyllä tavalla, joten ensiövirta ei vaikuta komponentin magneettivuohon miljäään tavalla. Keskitolpan MK ilmavälin G magneettivuohon varastoitunut energia purkautuu, joten tolpalla MS1 vuon muutos on samaan suuntaan kuin se oli ollut kytkimen johtaessakin. Täten käämissä S1 virta jatkaa kulkuaan samaan suuntaan kuin kytkimen johtaessakin. Tolpalla MS2 magneettivuon muutoksen polariteetti puolestaan kääntyy. Muutoksen suunnan kääntyminen indusoii käämiin S2 jännitteen, joka myötäbiasoi kytkentäelementin A' ja virta alkaa kulkea lähtöön. Lähtövirta Io jakaantuu käämien S1 ja S2 välillä lähes tasan. Myös keski-tolpalla MK tapahtuu magneettivuon muutoksen polariteetin kääntyminen. Keskitolpan MK käämiin Sc indusoituvan jännitteen positiivinen pää on toisiokäämellä ja negatiivinen pää maassa. Voidaan todeta sivutolppien MS1, MS2 toisioiden ja keskitolpan MK käämin jännitteiden summautuvan.

25 30 35

Kuvissa 6a - 6d on esitetty eräitä vaihtoehtoisia sovelluksia keksinnössä käytettäväksi ensiöpuolen kytkennäksi. Kuvassa 6a on esitetty eräs sovellus symmetristä push-pull-kytkennästä. Sovelluksessa ensiön ja toision välisen hajakapasitanssin kautta kytkeytyvä yhteismuotoinen häiriövirta voidaan saada pie-

nemmäksi ja symmetriseksi molemmilla sivupylväillä MS1, MS2. Vastaavasti haittana on ensiöpuolen kytkinelementtien kellova ohjaus ja ensiökäämin ulkoisten päiden lukumäärän kasvaminen neljästä kahdeksaan.

5 Muuntimen ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä A, B ja kaksi kondensaattoria C1, C2 siten, että ensimmäinen kytkinelementti A on kytketty sarjaan kahden ensiökäämin P1, P2 väliin ja toinen kytkinelementti B vastaavasti sarjaan kahden muun ensiökäämin P3, P4 väliin. Ensimmäinen kondensaattori C1 on kytketty ensimmäisen kytkinelementin A ensimmäiselle puolelle ja toisen kytkinelementin B toiselle puolelle ja toinen kondensaattori C2 ensimmäisen kytkinelementin A toiselle puolelle ja toisen kytkinelementin B ensimmäiselle puolelle.

10

Kuvassa 6b on esitetty tavanomainen push-pull-kytkentä, jolloin integroitu magneettikomponentti toimii vastaavalla tavalla kuin edellä on esitetty. Muuntimen ensiöpuolelle on järjestetty neljä käämiä P1, P2, P3, P4 siten, että kaksi käämiä P1, P2 on kytketty sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan MS1, MS2 ympärille. Käämien P1, P2 muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla MS1, MS2. Kaksi muuta käämiä P3, P4 on kytketty vastaavasti siten, että käämit muodostavat magneettivuon edelliseen nähdien vastakkaiseen suuntaan samalla sivutolpalla. Ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä A, B ja kondensaattori C1 siten, että ensimmäinen ja toinen kytkinelementti A, B on kytketty toisesta päästä sarjaan kahden ensiökäämin P1, P2) kanssa ja toisesta päästä syöttöjännitteen Ui toiseen napaan. Kondensaattori C1 on kytketty rinnan syöttöjännitteen Ui kanssa.

20

25

30

35

Kuvissa 6c ja 6d on esitetty puoli- ja konsiltaversiot kytkennästä. Tällöin ensiökäämien toinen pari jää pois.

Kuvassa 6c ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä A, B, kaksi kondensaattoria C1, C2 ja

5 kaksi käämiä P1, P2 siten, että kytkinelementit A, B ja kondensaattorit C1, C2 muodostavat puolisiltakytkennän. Käämit P1, P2 on kytketty sarjaan siten, että käämiens muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla MS1, MS2 ja käämit on toisesta päästä kytketty kytkinelementtien A, B välisiin ja toisesta päästä kondensaattorien C1, C2 välisiin.

10 Kuvassa 6d ensiöpuolelle on järjestetty neljä kytkinelementtiä A, B, C, D, kondensaattori Ci ja kaksi käämiä P1, P2 siten, että kytkinelementit muodostavat kokosiltakytkennän. Kondensaattori Ci on kytketty sinnan syöttöjännitteen Ui kanssa. Käämit P1, P2 on kytketty sarjaan siten, että käämiens muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla 15 MS1, MS2 ja käämit on toisesta päästä kytketty kahden kytkinelementin A, B välisiin ja toisesta päästä kahden muun kytkinelementin C, D välisiin.

20 Kuvissa 7a - 7d on esitetty eräitä vaihtoehtoisia sovelluksia keksinnössä käytettäväksi toisipuolen kytkennäksi. Kuvassa 7a on esitetty eräs toinen sovellus synkronitasasuuntaajasta. Ratkaisussa jäähdytykseen kytketty drainpotentiaali pysyy vakaana, mutta vastaavasti haittana on kytkinelementtien A', B' keluvia ohjaus. Suodatuskelan Sc käämin ensimmäinen pää on kytketty toisiokäämin ensimmäisen ja toisen sivutolpan MS1, MS2 käämityksien välisiin ja toinen pää on kytketty muuntimen lähtöjännitteen Uo ensimmäiseen napaan. Toisiopuolelle on järjestetty kolmas ja neljäs kytkinelementti A', B' sarjaan kytkettynä toisiokäämin 25 kanssa ja muuntimen lähtöjännitteen Uo toinen napa on järjestetty kolmannen ja neljännen kytkinelementin A', B' välisiin.

30 Kuvassa 7b on esitetty vastaava kytkentä kuin edellä, mutta kytkinelementit on korvattu diodeilla. Toisiopuolelle on järjestetty ensimmäinen ja toinen diodi D1, D2 kytkettynä sarjaan toisiokäämin S1, S2

kanssa ja muuntimen lähtöjännitteeen Uo toinen napa on järjestetty ensimmäisen ja toisen diodin D1, D2 väliin.

Kuvassa 7d on esitetty ratkaisu kahden lähtöjännitteeen muodostamiseksi yhteisellä maapotentiaalla ja kuvassa 7c kelluvilla lähtöjännitteillä. Tällöin toisiopuolelle on järjestetty vähintään kaksi erilaista jännitelähtöä Uo1, Uo2 siten, että yhtä jännitelähtöä kohden on kytketty kaksi käämiä ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympärille. Vastaavaa toteutusta, jossa käänitään toisiopuolelle useampia toisikäännejä, voidaan käyttää muodostettaessa useita erilaisia lähtöjännitteitä.

Kuvissa 8a ja 8b on esitetty kaksi sovellusta keksinnön mukaisista hakkuriregulaattoreista. Kuvassa 8a on esitetty vuorovaihe-synkroni buck-tyyppinen regulaattori ja kuvassa 8b vuorovaihe-synkroni boost-tyyppinen regulaattori.

Keksintöä ei rajata pelkästään edellä esitettyjä sovellutusesimerkkejä koskevaksi, vaan monet muunnokset ovat mahdollisia pysytäessä patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

24
2**PATENTTIVAAATIMUKSET**

1. Menetelmä hakkurityyppisen tasavirtamuuntimen muodostamiseksi, johon kuuluu:
magneettisydän (M), johon kuuluu:
5 ensimmäinen ja toinen sivutolppa (MS1, MS2), joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla (MP1, MP2) toisiinsa; ja
keskitolppa (MK), johon on järjestetty ilmaväli (G) ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin (MP1, MP2)
10 ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) väliin; onka magneettisydämen (M) ympärille on järjestetty:
ensiökäämi (P; P1, P2, P3, P4);
toisiokäämi (S; S1, S2); ja
toisiopuolen suodatuskela (Sc), tunnettu siitää, että
15 järjestetään suodatuskela (Sc) keskitolpan (MK) ympärille; ja
järjestetään ensiö- ja toisiokäämit (P, S) sivutolppien (MS1, MS2) ympärille siten, että käämien muodostama magneettivuo on suodatuskelan (Sc) magneettivuon suuntainen.
20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitää, että järjestetään muuntimen ensiopuolelle neljä käämiä (P1, P2, P3, P4) siten, että kytketään kaksi käämiä (P1, P2; P3, P4) sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla.
25 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitää, että järjestetään muuntimen toisiopuolelle kaksi käämiä (S1, S2) kytketynä ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille siten, että käämien muodostama magneettivuo on vastakkainen samaan sivutolppaan yhdistetyn ensiökäämin muodostamaan magneettivuhon nähden.
30 35 4. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitää, että:

ohjataan ensiökäämejä (P) ensimmäisen ja toisen kytkinelementin (A, B) välityksellä; ja

5 järjestetään ensiöpuolelle kaksi kondensaattoria siten, että kytketään ensimmäinen kondensaattori (C1) sarjaan kytkinelementtien väliin (A, B) ja toinen kondensaattori (C1) rinnan syöttöjännitteen (Ui) kanssa.

10 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään muuntimen ensiöpuolelle kaksi kytkinelementtiä (A, B) ja kaksi kondensaattoria (C1, C2) siten, että:

15 kytketään ensimmäinen kytkinelementti (A) sarjaan kahden ensiökäämin (P1, P2) väliin ja toinen kytkinelementti (B) vastaavasti sarjaan kahden muun ensiökäämin (P3, P4) väliin; ja

20 15 kytketään ensimmäinen kondensaattori (C1) ensimmäisen kytkinelementin (A) ensimmäiseltä puolelta toisen kytkinelementin (B) toiselle puolelle ja toinen kondensaattori (C2) ensimmäisen kytkinelementin (A) toiselta puolelta toisen kytkinelementin (B) ensimmäiselle puolelle.

25 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään muuntimen ensiöpuolelle neljä käämiä (P1, P2, P3, P4) siten, että kytketään kaksi käämiä (P1, P2) sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille siten, että 30 käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla ja kytketään kaksi muuta käämiä (P3, P4) siten, että niiden muodostaman magneettivuon suunta on samalla sivutolpalla vastakkainen edelliseen nähdien.

35 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään ensiöpuolelle kaksi kytkinelementtiä (A, B) ja kondensaattori (C1) siten, että:

kytketään ensimmäinen kytkinelementti (A) toisesta päästä sarjaan kahden ensiökäämin (P1, P2) kanssa ja toisesta päästä syöttöjännitteen (Ui) toiseen napaan;

kytketään toinen kytkinelementti (B) vastaavasti kahden muun ensiökäämin (P3, P4) kanssa; ja

kytketään kondensaattori (Ci) rinnan syöttöjännitteeseen (Ui) kanssa.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään ensiöpuolelle kaksi kytkinelementtiä (A, B), kaksi kondensaattoria (C1, C2) ja kaksi käämiä (P1, P2) siten, että:

10 muodostetaan kytkinelementeistä (A, B) ja kondensaattoreista (C1, C2) puolisiltakytkentä; ja

kytketään käämit (P1, P2) sarjaan siten, että käänien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla (MS1, MS2) ja käämit on toisesta päästä kytketty kytkinelementtien (A, B) välille ja toisesta päästä kondensaattorien (C1, C2) välille.

15 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään ensiöpuolelle neljä kytkinelementtiä (A, B, C, D), kondensaattori (Ci) ja kaksi käämiä (P1, P2) siten, että:

20 muodostetaan kytkinelementeistä (A, B, C, D) kosilta;

kytketään kondensaattori (Ci) rinnan syöttöjännitteeseen kanssa (Ui); ja

25 kytketään käämit (P1, P2) sarjaan siten, että käänien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla ja käämit on toisesta päästä kytketty kahden kytkinelementin (A, B) välille ja toisesta päästä kahden muun kytkinelementin (C, D) välille.

30 10. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kytketään muodatuskelan (Sc) käämin ensimmäinen pää toisiokäämin ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) käämityksien välille ja kytketään toinen pää muuntimen lähtötännitteeseen (Uo) ensimmäiseen napaan.

35 11. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestet-

5 täään toisiopuolelle kolmas ja neljäs kytkinelementti (A', B') sarjaan kytkettynä toisickään kanssa ja järjestetään muuntimen lähtöjännitteen (U_o) toinen napaa kolmannen ja neljännen kytkinelementin (A', B') väliin.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään toisiopuolle ensimmäinen ja toinen diodi (D1, D2) sarjaan kytkettynä toisiokäämin (S1, S2) kanssa ja järjestetään muuntimen lähtöjännitteen (Uo) toinen napa ensimäisen ja toisen diodin (D1, D2) väliin.

13. Jonkin patenttivaatimuksista 1 - 12 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että järjestetään toisiopuolelle vähintään kaksi erilaista jännite-
15 lähtöä (Uo1, Uo2) siten, että järjestetään yhtä jännitelähtöä kohden kaksi käämiä ensimmäisen ja toisen si-
vutolpan ympärille.

14. Menetelmä hakkurityyppisen regulaattorin muodostamiseksi, johon kuuluu:

20 magneettisydän (M), johon kuuluu:

ensimmäinen ja toinen sivutolppa (MS1, MS2), joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla (MP1, MP2) toisiinsa; ja

keskitolppa (MK), johon on järjestetty ilmaväli (G) ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin (MP1, MP2) ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) väliin; tonka magneettisydämen (M) ympärille on järjestetty:

kaksi käämiä (s1, s2); ja

suodatuskela (Sc), tunnettu siitä, että

30 : järjestetään suodatuskela (Sc) keskitolpan (MK) ym-
gärlille; ja

järjestetään käämit (S1, S2) sivutolppien (MS1, MS2) ympärille siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan (Sc) magneettivuon suuntainen.

35 15. Hakkurityyppinen tasavirtamuunniin, johon kuuluu:

magneettisydän (M), johon kuuluu:

ensimmäinen ja toinen sivutolppa (MS1, MS2), joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla (MP1, MP2) toisiinsa; ja

keskitolppa (MK), johon on järjestetty ilmaväli 5 (G) ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin (MP1, MP2) ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) välissä; jonka magneettisydämen (M) ympärille on järjestetty: ensiökäämi (P; P1, P2, P3, P4);

toisiokäämi (S; S1, S2); ja 10 toisiopuolen suodatuskela (Sc), tunnettu siitä, että

suodatuskela (Sc) on kierretty keskitolpan (MK) ympärille; ja

ensiö- ja toisiokäämit (P, S) on kierretty sivutolppien (P, P1, P2, P3, P4) ympärille siten, että niihin muodostama magneettivuo on suodatuskelan (Sc) magneettivuon suuntainen.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että muuntimen ensiöpuolelle on järjestetty neljä käämiä (P1, P2, P3, P4) siten, että kaksi käämiä (P1, P2; P3, P4) on kytketty sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla.

25 17. Patenttivaatimuksen 15 tai 16 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että muuntimen toisiopuolelle on järjestetty kaksi käämiä (S1, S2) sarjaan kytkettynä ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille siten, että käämien muodostama magneettivuo 30 on vastakkaisuuntainen samaan sivutolppaan yhdistetyn ensiökäämin muodostamaan magneettivuohon nähdien.

18. Jonkin patenttivaatimuksista 15 - 17 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että: 35 ensiöpuolelle on järjestetty sarjaan kytketyt ensimmäinen ja toinen kytkinelementti (A, B), jotka on kytketty rinnan syöttöjännitteen (Ui) kanssa ja joilla ohjataan ensiökäämejä (P); ja

ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kondensaattoria (C1, C2) siten, että ensimmäinen kondensaattori (C1) on kytketty kytkinelementtien (A, B) väliin ja toinen kondensaattori (C2) rinnan syöttöjännitteeen (Ui) kanssa.

19. Patenttivaatimuksen 16 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että muuntimen ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä (A, B) ja kaksi kondensaattoria (C1, C2) siten, että:

ensimmäinen kytkinelementti (A) on kytketty sarjaan kahden ensiökäämin (P1, P2) väliin ja toinen kytkinelementti (B) vastaavasti sarjaan kahden muun ensiökäämin (P3, P4) väliin; ja

ensimmäinen kondensaattori (C1) on kytketty ensimmäisen kytkinelementin (A) ensimmäiselle puolelle ja toisen kytkinelementin (B) toiselle puolelle ja toinen kondensaattori (C2) ensimmäisen kytkinelementin (A) toiselle puolelle ja toisen kytkinelementin (B) ensimmäiselle puolelle.

20. Patenttivaatimuksen 15 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että muuntimen ensiöpuolelle on järjestetty neljä käämiä (P1, P2, P3, P4) siten, että: kaksi käämiä (P1, P2) on kytketty sarjaan ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) ympärille;

25 käämien (P1, P2) muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla (MS1, MS2); ja kaksi muuta käämiä (P3, P4) on kytketty vastaavasti siten, että käämät muodostavat magneettivuon edelliseen nähden vastakkaiseen suuntaan samalla sivutolpalla.

30

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä (A, B) ja kondensaattori (C1) siten, että:

35 ensimmäinen ja toinen kytkinelementti (A, B) on kytketty toisesta päästää sarjaan kahden ensiökäämin

(P1, P2) kanssa ja toisesta päästää syöttöjännitteen (Ui) toiseen napaan; ja

kondensaattori (Ci) on kytketty rinnan syöttöjännitteen (Ui) kanssa.

5 22. Patenttivaatimuksen 15 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että ensiöpuolelle on järjestetty kaksi kytkinelementtiä (A, B), kaksi kondensaattoria (C1, C2) ja kaksi käämiä (P1, P2) siten, että:

kytkinelementit (A, B) ja kondensaattorit (C1, C2)

10 On järjestetty puolisiltakytkentään; ja
käämit (P1, P2) on kytketty sarjaan siten, että
käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen
kummallakin sivutolpalla (MS1, MS2) ja käämit on toisesta päästää kytketty kytkinelementtien (A, B) väliin
15 ja toisesta päästää kondensaattorien (C1, C2) väliin.

23. Patenttivaatimuksen 15 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että ensiöpuolelle on järjestetty neljä kytkinelementtiä (A, B, C, D), kondensaattori (Ci) ja kaksi käämiä (P1, P2) siten, että:

20 kytkinelementit (A, B, C, D) on järjestetty kohosiltakytkentään;

kondensaattori (Ci) on kytketty rinnan syöttöjännitteen (Ui) kanssa; ja

25 käämit (P1, P2) on kytketty sarjaan siten, että käämien muodostama magneettivuo on saman suuntainen kummallakin sivutolpalla (MS1, MS2) ja käämit on toisesta päästää kytketty kahden kytkinelementin (A, B) väliin ja toisesta päästää kahden muun kytkinelementin (C, D) väliin.

30 24. Jonkin patenttivaatimuksista 15 - 23 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että suodatuskejan (Sc) kämin ensimmäinen pää on kytketty toisiokäämin ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) käämiyksien väliin ja toinen pää on kytketty muuntimen lähtöjännitteen (Uo) ensimmäiseen napaan.

35 25. Jonkin patenttivaatimuksista 15 - 24 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että toisiopuo-

elle on järjestetty kolmas ja neljäs kytkinelementti (A', B') sarjaan kytkettynä toisickämin kanssa ja muuntimen lähtöjännitteen (Uo) toinen napa on järjestetty kolmannen ja neljännen kytkinelementin (A', B') välissä.

26. Patenttivaatimuksen 24 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että toisiopuolelle on järjestetty ensimmäinen ja toinen diodi (D1, D2) kytkettynä sarjaan toisickämin (S1, S2) kanssa ja muuntimen lähtöjännitteen (Uo) toinen napa on järjestetty ensimmäisen ja toisen diodin (D1, D2) välissä.

27. Jonkin patenttivaatimuksista 15 - 26 mukainen muunnin, tunnettu siitä, että toisiopuolelle on järjestetty vähintään kaksi erilaista jännitelähtöä (Uo1, Uo2) siten, että yhtä jännitelähtöä kohden on kytketty kaksi käämiä ensimmäisen ja toisen sivutolpan ympärille.

28. Hakkurityyppinen regulaattori, johon kuuluu:

20 magneettisydän (M), johon kuuluu: ensimmäinen ja toinen sivutolppa (MS1, MS2), joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla (MP1, MP2) toisiinsa; ja

25 keskitolppa (MK), johon on järjestetty ilmaväli (G) ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin (MP1, MP2) ensimmäisen ja toisen sivutolpan (MS1, MS2) välissä; onka magneettisydämen (M) ympärille on järjestetty:

30 kaksi käämiä (S1, S2); ja suodatuskela (Sc), tunnettu siitä, että suodatuskela (Sc) on järjestetty keskitolpan (MK) ympärille; ja

35 sivutolppien (MS1, MS2) ympärille on järjestetty käämit (S1, S2) siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan (Sc) magneettivuon suuntainen.

13

i

(57) TIIVISTELMÄ

Keksinnön kohteena on hakkuri-tyyppinen tasavirtamuunni, johon kuuluu magneettisydän, johon kuuluu ensimmäinen ja toinen sivutolppa, joiden päät on yhdistetty päätykappaleilla toisiinsa ja keskitolppa, johon on järjestetty ilmaväli ja joka on yhdistetty päätykappaleisiin ensimmäisen ja toisen sivutolpan väliin. Keksinnön mukaisesti toisiopuolen suodatuskela on kierretty keskitolpan ympärille. Ensiö- ja toisiokäämit on kierretty sivutolppien ympärille siten, että niiden muodostama magneettivuo on suodatuskelan magneettivuon suuntainen.

(Fig. 1)

L4

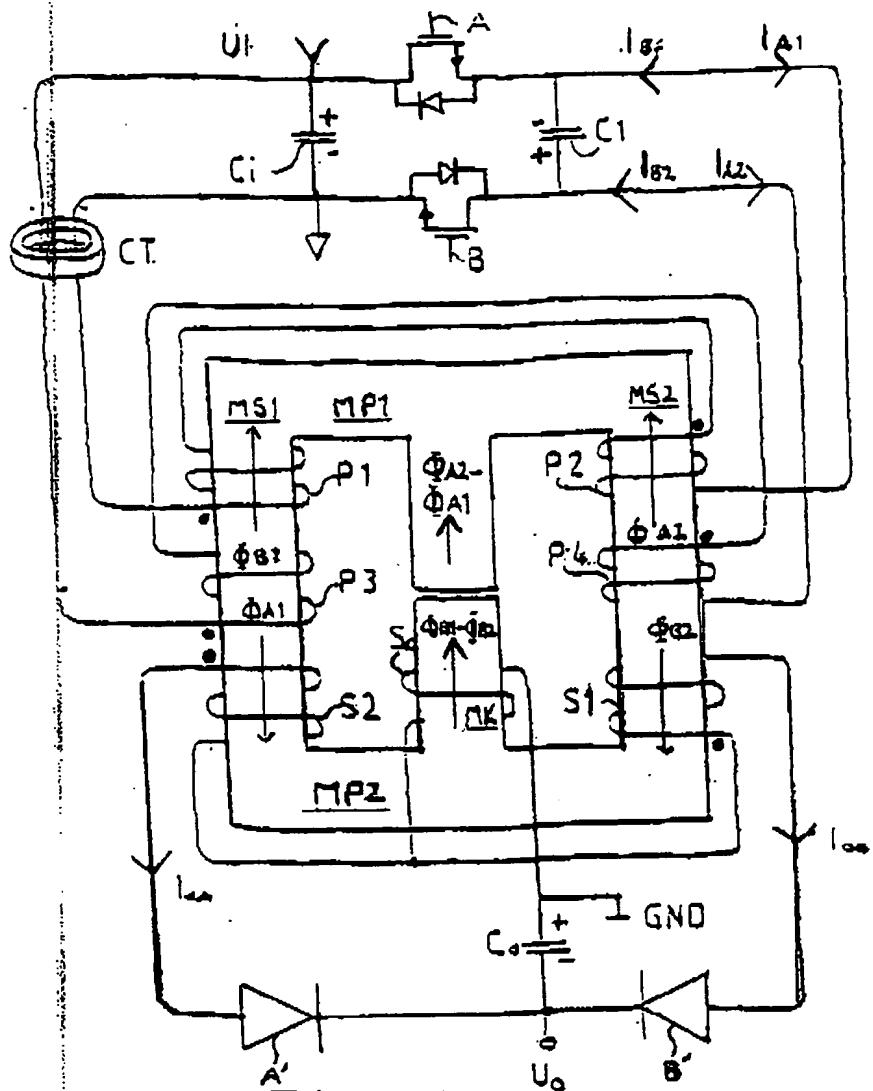


Fig 1a

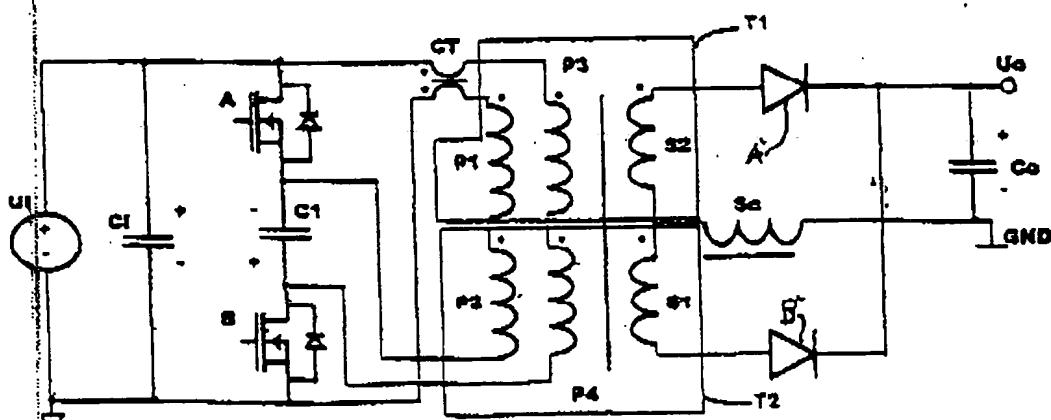


Fig 1b

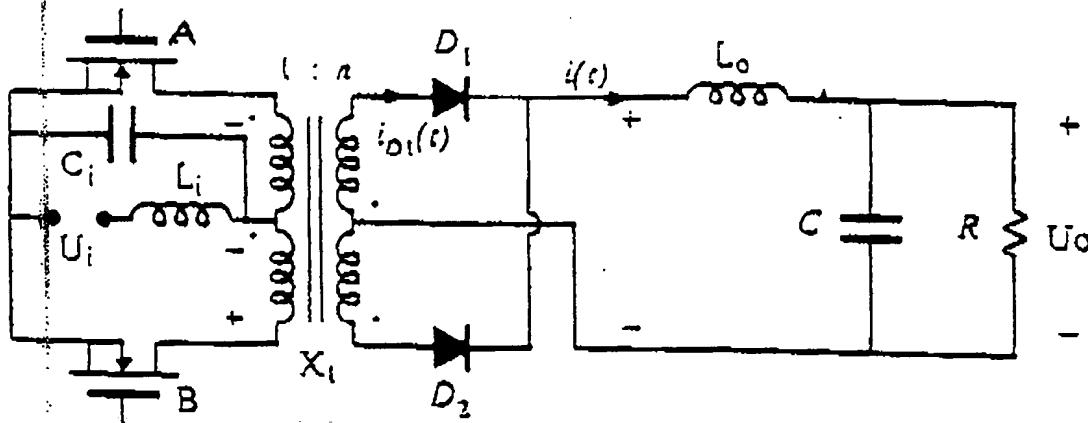


Fig 2

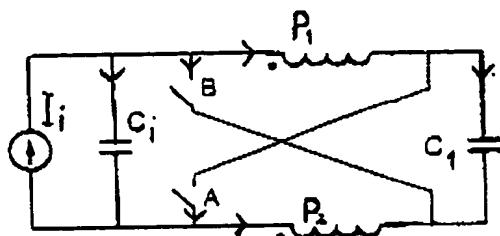


Fig 3

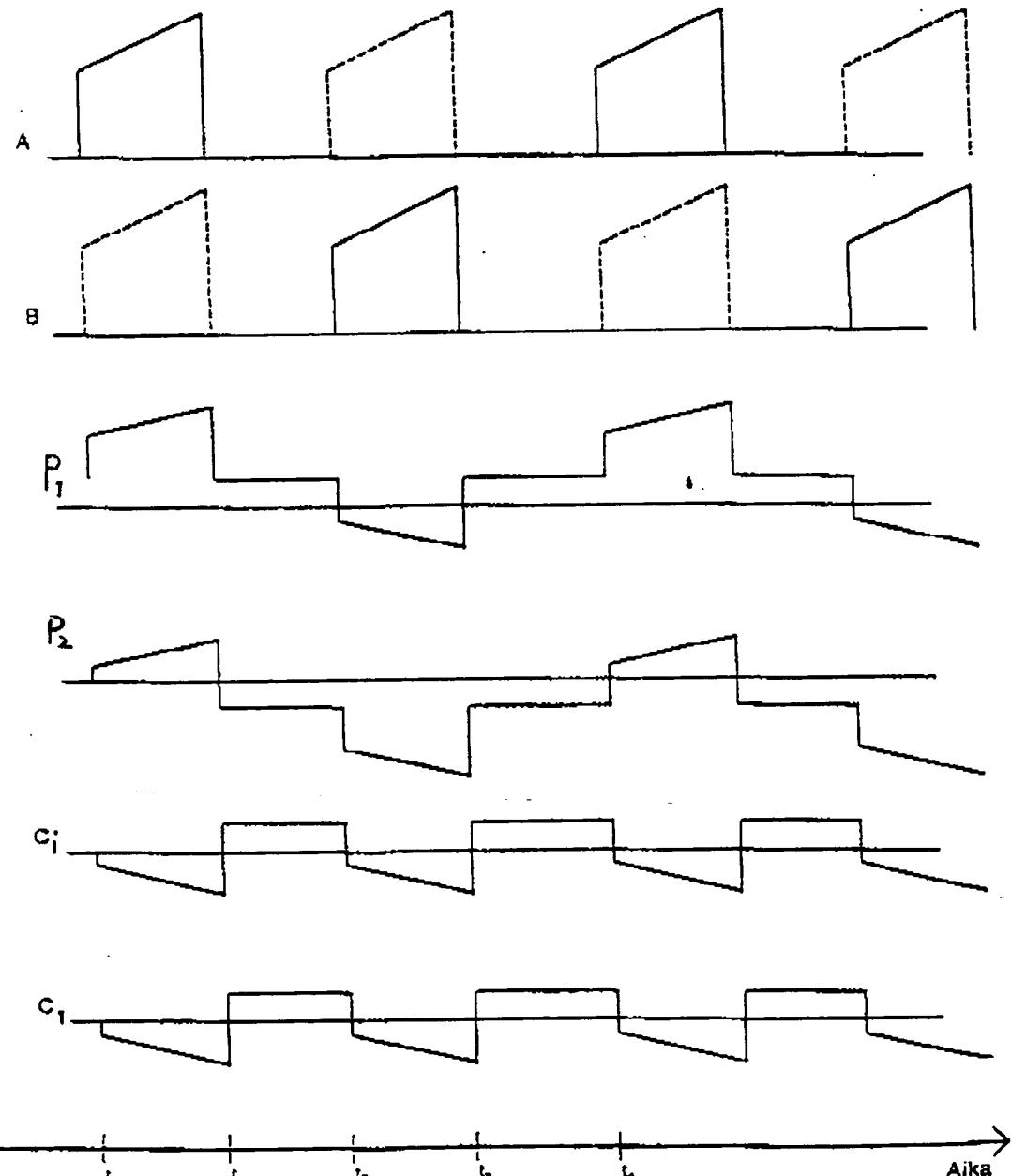


Fig 4

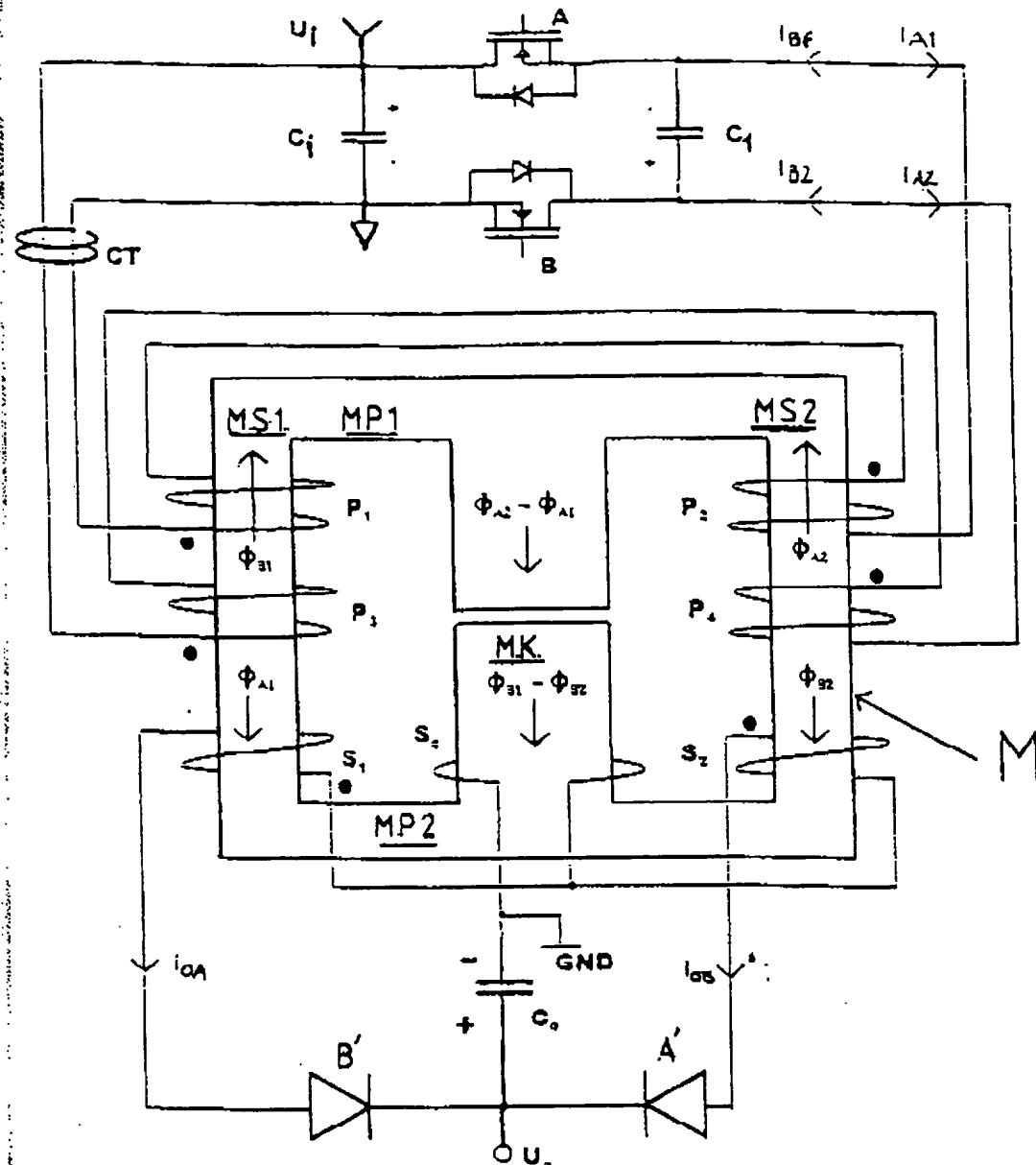


Fig 5

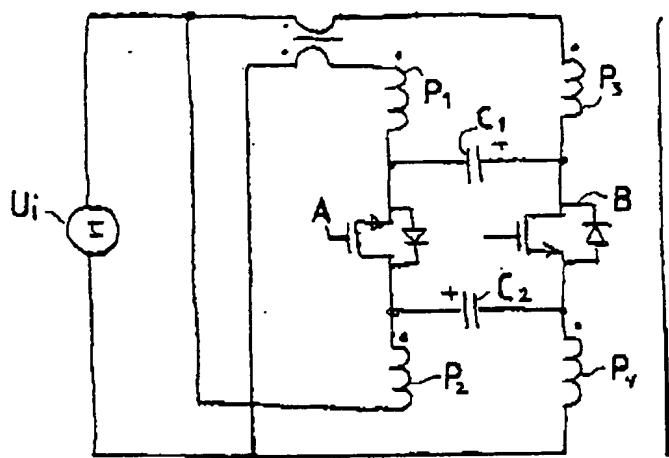


Fig 6a

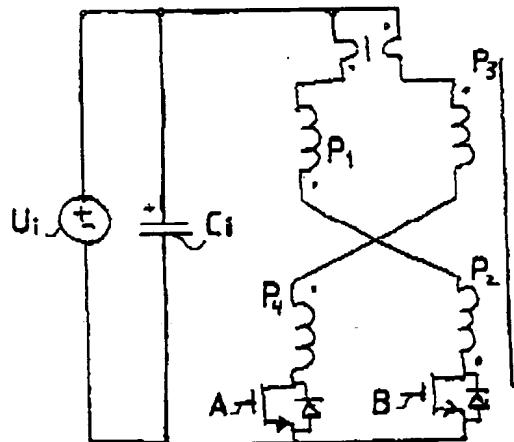


Fig 6b

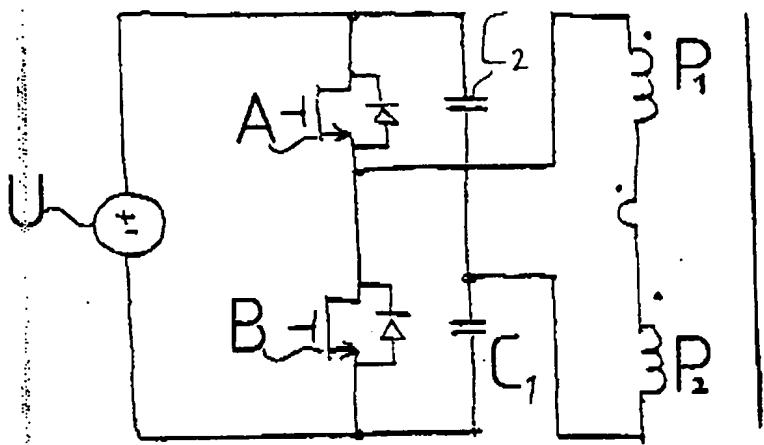


Fig 6c

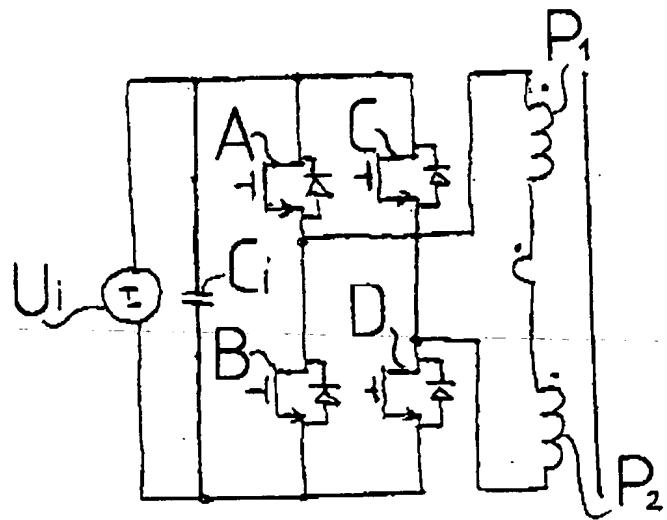


Fig 6d

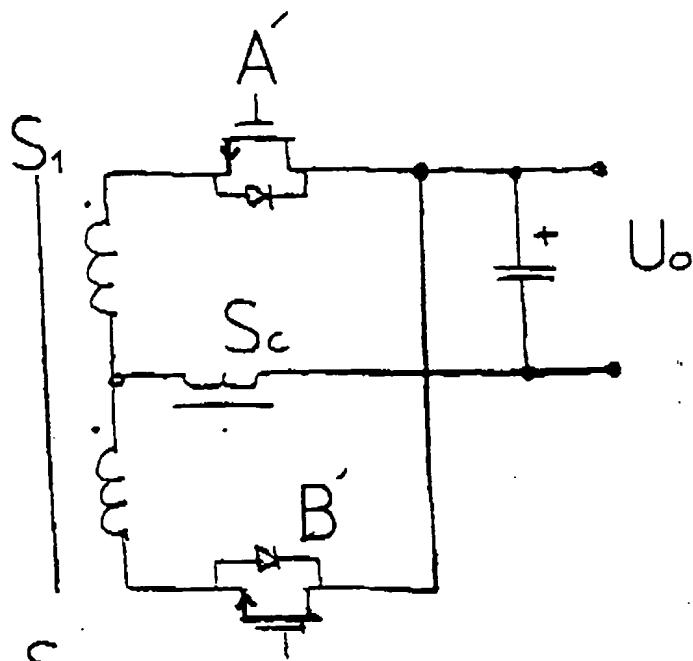


Fig 7a

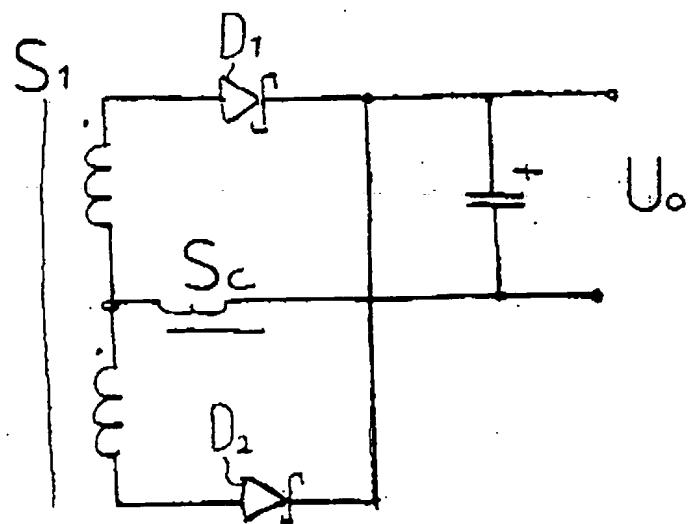


Fig 7b

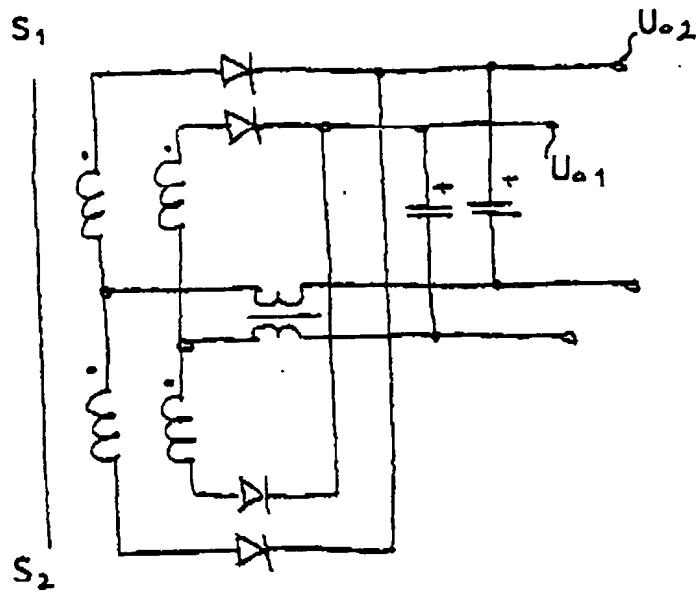


Fig. 7c

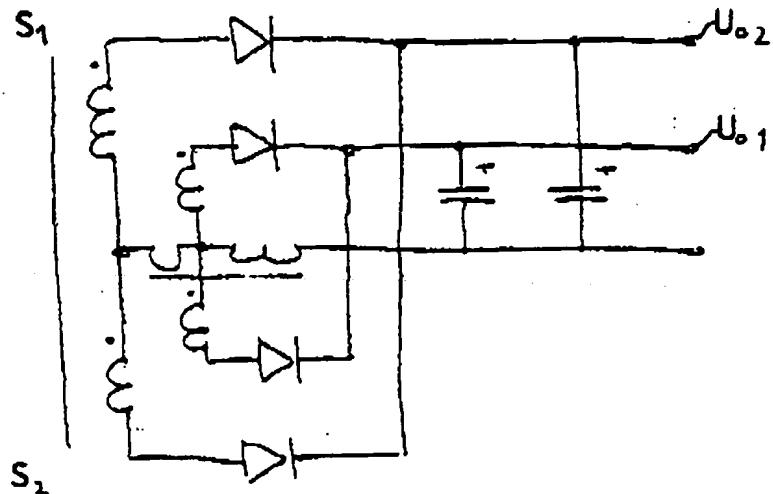


Fig. 7d

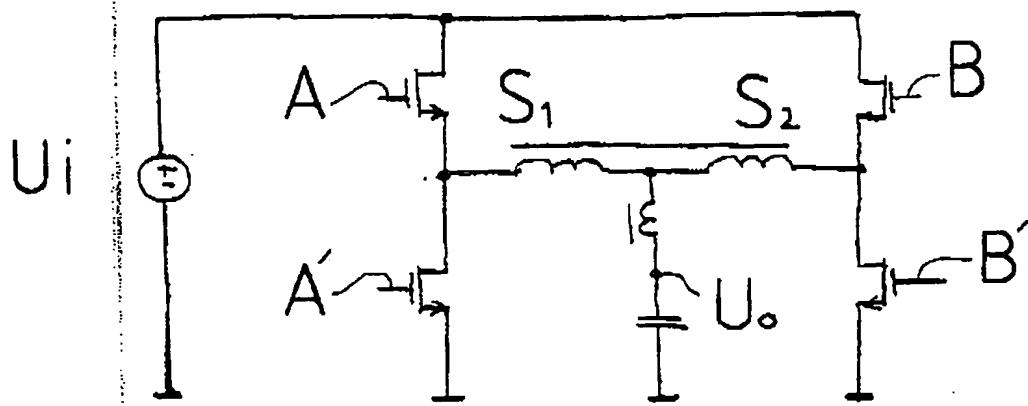


Fig 8a

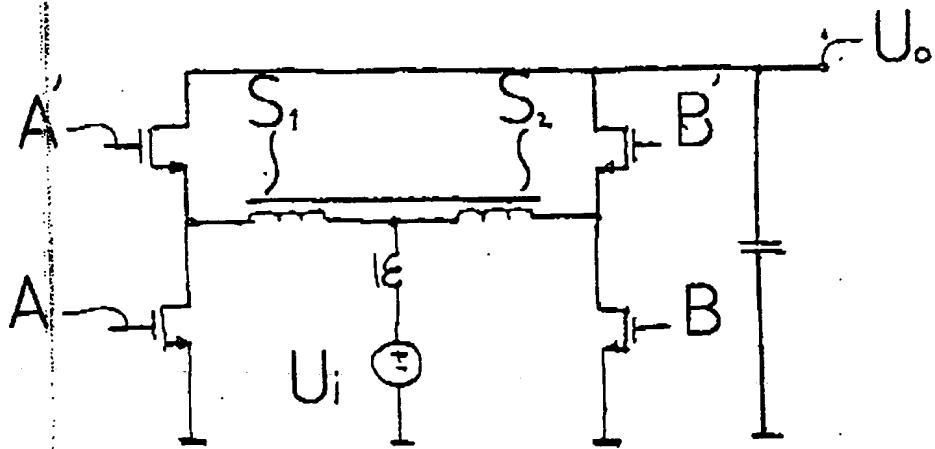


Fig 8b